

Rapport technique - Projet d'élèves ingénieurs n° [9]

Recensement de l'impact et des méthodes de lutte du ravageur de l'amandier *Eurytoma amygdali* (guêpe de l'amande)



Source : Cora Dhillit-Lemonnier

Par Cora DHILLIT-LEMONNIER, Pedro JALOTO, Apolline LEVEQUE, Louise SCHNEYDER

Organisme commanditaire : Compagnie des Amandes & Chaire AGROSYS

Tuteur (s) commanditaire(s) : Eugénie COUTAGNE & Henri DUVAL

Tuteur(s) Montpellier SupAgro : Romain BONAFOS

Année de soutenance : 2020

Présenté le : 17/12/2020

Devant le jury :

Eugénie COUTAGNE – Directrice technique – Compagnie des Amandes

Henri DUVAL – Ingénieur de recherche – INRA Avignon

Romain BONAFOS – Ingénieur pédagogique - L'institut Agro (Montpellier SupAgro)

Gil LE BRIS – Ingénieur pédagogique - L'institut Agro (Montpellier SupAgro)

Pour citer cet ouvrage : Cora DHILLIT-LEMONNIER, Pedro JALOTO, Apolline LEVEQUE, Louise SCHNEYDER, (2020). Recensement de l'impact et des méthodes de lutte du ravageur de l'amandier *Eurytoma amygdali* (guêpe de l'amande). Projet d'élèves ingénieurs n°9. Montpellier SupAgro. 80 pages]

Avertissement

Le présent document rend compte d'un travail d'investigation et d'analyse réalisé dans le cadre d'une activité pédagogique.

Le PEI (projet d'étudiants ingénieurs) fait partie de la formation ingénieur, il débute en fin de première année d'école (bac+3) et se termine au cours de la deuxième année ; les étudiants concernés ne sont pas alors spécialisés et c'est pour beaucoup d'entre eux le premier travail d'ordre professionnel.

Le temps imparti à la rédaction apparaît souvent limité eu égard à la complexité du sujet.

Au lecteur ainsi averti d'en tenir compte dans la prise en compte de cette production intellectuelle

Résumé opérationnel

Eurytoma amygdali, guêpe de l'amandier, sévit actuellement dans le bassin méditerranéen dont le Sud de la France. Sa présence dans les vergers d'amandiers peut occasionner des pertes de rendement allant jusqu'à 80 % de la production totale et peu de moyens de lutte existent contre ce ravageur. Le seul insecticide autorisé à l'heure actuelle en agriculture conventionnelle contre ce ravageur est le Karaté Zéon®. C'est un insecticide de contact qui procure une solution, peut être vouée à disparaître avec une éventuelle interdiction. En agriculture biologique, la guêpe de l'amandier est un fléau difficilement gérable au vu de l'absence de moyens de lutte efficaces. Avec la suppression progressive des pesticides, il est nécessaire de trouver des alternatives de lutte qui pourront être utilisées à la fois en conventionnel, mais aussi en agriculture biologique.

Dans l'optique d'introduire plus de lutte biologique dans les traitements déjà existants, nous nous sommes penchées sur l'utilisation des kairomones dans un piégeage de masse. Notre projet s'est orienté sur la réalisation d'une bibliographie faisant l'état des lieux sur le cycle de la guêpe, la présence d'*E. amygdali* en France et dans le monde ainsi que les méthodes de lutte utilisées. Nous avons également réalisé des enquêtes qualitatives chez différents amandiculteurs afin d'évaluer plus en détails les systèmes de lutte présents dans différentes régions du Sud de la France et la pression qu'exerce *E. amygdali* dans des contextes agricoles variés.

Mots clés

[*Eurytoma amygdali*, ravageur, amandiers, amandiculture, méthodes de lutte, enquêtes, agriculteurs, état des lieux, typologie]

Abstract

Eurytoma amygdali, the almond tree wasp, is currently present in the Mediterranean area including in the south of France. Its presence in almond orchards can cause yield losses up to 80% of the entire production. There are few solutions to fight against this pest. The only insecticide authorized in conventional agriculture against this pest is Karaté Zéon®, a contact insecticide that provides a solution that may be doomed to disappear with an eventual ban. In organic farming, the wasp of the almond tree is a scourge that is difficult to manage given the lack of effective means of control. With the progressive elimination of pesticides, it is necessary to find alternative control methods that can be used both in conventional and organic farming.

In order to introduce more biological control in the current treatments, we started to look at kairomones use in mass trapping. Our project is focused on a bibliography on a state of play on the life cycle of *E. amygdali*, its presence in France and in the world and finally on methods used to fight against it. Then, we made qualitative investigations with some almond farmers in order to value accurately fight systems of several regions in the south of France and the impact of *E. amygdali* in various farming contexts.

Keywords

[*Eurytoma amygdali*, pest, almond tree, almond orchards, control methods, interview, farmers, inventory, typology]

Remerciements

Nous souhaiterions d'abord remercier Eugénie Coutagne et Henri Duval pour avoir partagé avec nous leurs savoirs, de nous avoir accompagné et guidé tout au long du projet.

Nous remercions également Romain Bonafos pour nous avoir suivi et aidé du début à la fin de notre premier travail d'ingénieur.

Merci à Hugo Benard de Montpellier SupAgro pour nos échanges sur les enquêtes et l'aide apportée. Notre gratitude va également à l'ensemble des agriculteurs, techniciens et chercheurs ayant accepté de consacrer de leur temps à nos enquêtes et d'avoir partagé avec nous leurs expériences autour de l'amandiculture.

Table des matières

Résumé opérationnel.....	2
Mots clés	2
Abstract.....	2
Keywords	2
Remerciements.....	3
Table des matières.....	4
Liste des tableaux et des figures	4
Liste des annexes	4
Glossaire, sigles et acronymes	5
Introduction.....	6
I. Etat de l'art sur <i>Eurytoma amygdali</i>	7
1. Généralités.....	7
2. Eléments clés à retenir	8
II. Synthèse des enquêtes des agriculteurs	9
1. Méthodologie mise en place.....	9
2. Résultats	10
III. Article sur <i>Eurytoma amygdali</i>	10
1. Méthodologie	10
2. Composition de l'article	11
IV. Analyses personnelles et recommandations	11
1. Connaissances et données sur <i>Eurytoma amygdali</i>	11
2. Futur de la production d'amandes	11
3. Les méthodes de lutte actuelles et futures	12
Conclusion	14
Références bibliographiques	15
Annexes.....	15

Liste des tableaux et des figures

Figure 1 : Femelle adulte <i>Eurytoma amygdali</i> , CTIFL.....	7
Figure 2 : Cycle biologique d' <i>Eurytoma amygdali</i> en parallèle du cycle phénologique de l'amandier	8

Liste des annexes

Annexe 1 : <i>Etat de l'art sur le ravageur de l'amandier Eurytoma amygdali (guêpe de l'amande)</i>	
Annexe 2 : <i>Synthèse des enquêtes auprès des agriculteurs sur leurs méthodes de lutte contre Eurytoma amygdali (guêpe de l'amande)</i>	
Annexe 3 : <i>Article à destination des agriculteurs sur Eurytoma amygdali</i>	

Glossaire, sigles et acronymes

- **CTIFL** : Centre Technique Interprofessionnel Fruits et Légumes
- **Diapause** : étape du cycle de vie de la guêpe. C'est la première phase de métamorphose de la larve vers la puppe.
- ***Eurytoma amygdali* (ou guêpe des amandiers)** : insecte hyménoptère qui appartient à la superfamille des Chalcidoidea. Il mesure entre 7 à 8 mm pour la femelle et 4 à 6 mm pour le mâle. C'est un ravageur majeur de la culture de l'amandier. Il est connu depuis longtemps au Proche Orient et en Europe orientale.
- **Nymphose** : étape du cycle de vie de la guêpe. C'est la seconde phase de la métamorphose durant laquelle la puppe se développe jusqu'à l'émergence.
- **INRA** : Institut Nationale de la Recherche Agronomique.
- **CASDAR** : Compte d'Affectation Spéciale Développement Agricole et Rural. Finance les projets de développement agricole et rural.

Introduction

Le ravageur de l'amandier le plus problématique de nos jours est *Eurytoma amygdali* (Figure 1) aussi appelé guêpe de l'amandier. Son arrivée en France a mis en péril bon nombre d'agriculteurs depuis son arrivée en 1981 dans les Bouches-du-Rhône, ce qui a poussé les chercheurs à trouver une solution à ce problème. En 2006, M. Duval, chercheur à l'INRA, a découvert l'efficacité du Karaté Zéon®, insecticide de contact utilisé en agriculture conventionnelle. Aujourd'hui, c'est la culture d'amandes en agriculture biologique qui se révèle complexe suite aux effets dévastateurs de la guêpe et de l'absence de traitements efficaces.

Afin de trouver des solutions, la Compagnie des amandes au travers de la Chaire AgroSys a souhaité proposer un PEI centré autour de la recherche et de l'étude de kairomones produites par l'amandier. Ce sont des substances volatiles ou mobiles, produites dans l'air, l'eau ou le sol par un être vivant, qui déclenchent une réponse comportementale chez une autre espèce, procurant un bénéfice à ce dernier [1]. L'objectif était de déterminer quelles kairomones produites par l'amandier conditionnent le choix des guêpes pour la ponte. Pour cela, il était prévu la construction d'un olfactomètre, appareil permettant de tester diverses kairomones en parallèle d'un travail bibliographique ayant pour objectif de proposer des molécules à tester dans l'olfactomètre. Pour cause de pandémie, nos objectifs de travail ont été revus, l'olfactomètre n'a pu être construit.

Ainsi, nos objectifs ont été remodelés pour s'adapter à la situation. Notre travail bibliographique s'est étendu à un état de l'art complet sur *Eurytoma amygdali* afin de récapituler l'ensemble des informations connues à ce jour à son sujet : cycle de vie, impact sur les cultures en France et à l'étranger.... Ont également été ajoutés, des éléments concernant les traitements existants en conventionnel et biologique et les molécules déjà testées sur *Eurytoma amygdali*.

En parallèle, nous avons réalisé plusieurs enquêtes auprès d'amandiculteurs de différentes régions avec comme objectif de mieux comprendre les méthodes de lutte qu'ils utilisent contre la guêpe. Une typologie des agriculteurs a été établie à partir de dix-sept enquêtes réalisées par notre groupe ainsi qu'un stagiaire de la Compagnie des amandes, Hugo Benard.

Enfin, nous avons rédigé un article à destination des agriculteurs récapitulant l'ensemble des informations sur le cycle de vie d'*Eurytoma amygdali* et des traitements contre ce ravageur.

Dans la suite, vous serez en mesure de trouver les résultats de ces trois objectifs dans l'ordre décrit ci-dessus. En annexe, seront notamment disponibles l'ensemble de l'état de l'art, la synthèse des enquêtes réalisées auprès des amandiculteurs et l'article complet. Le rapport se conclut par notre analyse personnelle de la situation. Nous donnerons notre avis sur la pertinence d'une thèse à venir, portant sur la détermination des kairomones émises par l'amandier. Nous essayerons de confronter la réalité scientifique avec les pratiques des agriculteurs, à la fois sur l'utilisation du Karaté Zéon®, mais aussi sur le cycle d'*Eurytoma amygdali*. Nous nous attacherons plus particulièrement à voir si l'utilisation du Karaté Zéon® par les agriculteurs est en accord avec les recommandations techniques et sinon, en quoi diffère-t-elle et pourquoi.



Figure 1 : Femelle adulte *Eurytoma amygdali*, CTIFL

I. Etat de l'art sur *Eurytoma amygdali*

1. Généralités

Dans le contexte agricole actuel, la recherche d'alternatives de traitements au Karaté Zéon® devient primordiale. En effet, ce pesticide de contact autorisé en conventionnel pourrait être amené à disparaître. D'autre part, l'expansion du marché de l'amande biologique requiert de nouveaux moyens de lutte, autres que ceux référencés actuellement qui ne permettent pas de contrer *E. amygdali* efficacement.

C'est donc dans l'optique d'introduire de nouveaux moyens de lutte de type biocontrôle par l'utilisation de kairomones que nous nous sommes penchés sur la rédaction d'un état de l'art sur la guêpe de l'amandier *E. amygdali*.

Dans un premier temps, cette bibliographie devait porter uniquement sur la réalisation d'un olfactomètre, sur la recherche de molécules candidates à tester avec ce dispositif, mais aussi faire un récapitulatif du cycle de développement d'*E. amygdali*. L'olfactomètre est un dispositif qui nous aurait permis de caractériser des molécules attractantes pour la guêpe de l'amandier. Les molécules identifiées seraient utilisées pour réaliser des piègeages de masses de guêpes dans les vergers.

Ce projet n'a pas pu être réalisé suite à la pandémie de Covid-19 qui nous a restreinte dans nos activités. Nous nous sommes donc recentrés sur la rédaction d'un état de l'art complet sur les méthodes de lutte contre *E. amygdali* en France et à l'étranger, la description de son cycle de vie en précisant la phase de diapause plus méconnue et finalement une méthodologie sur la mise en place d'un olfactomètre ainsi que des molécules candidates attractantes pour la guêpe. (voir annexe 1)

Cet état de l'art a pour objectif d'être un support documentaire pour la thèse s'incluant dans le CASDAR LEVEAB, projet d'étude d'actions innovantes et complémentaires permettant de faire baisser la pression parasitaire d'*E. amygdali*. [2]

2. Eléments clés à retenir

Le cycle d'*E. amygdali* s'organise sur une période d'un an en général, de la ponte des œufs au sein des amandes courant avril-mai jusqu'à l'émergence des adultes l'année suivante à la même période. Les stades successifs avant l'émergence des adultes en avril-mai s'élèvent au nombre de quatre : œuf, état larvaire, diapause, nymphose puis émergence.

La diapause décrite ici se caractérise par deux phases présentant des caractéristiques de températures optimales distinctes. Si les conditions ne sont pas respectées, cette diapause peut se prolonger sur deux à trois ans avant que l'émergence ait lieu.

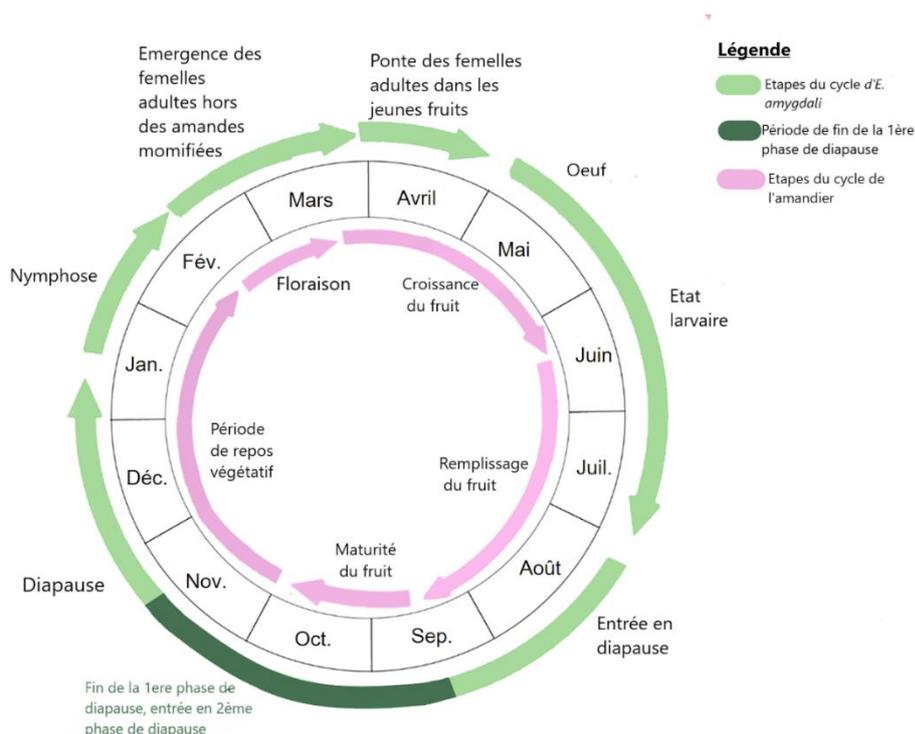


Figure 2 : Cycle biologique d'*Eurytoma amygdali* en parallèle du cycle phénologique de l'amandier

La rédaction s'est basée sur des documents français, mais aussi d'expérimentations menées à l'international, en particulier autour du bassin Méditerranéen pour le recensement des méthodes de lutte. Les méthodes de lutte recensées en France sont majoritairement axées sur l'utilisation du Karaté Zéon® (lambda cyalothrine) en conventionnel depuis 2007 ainsi que la prophylaxie.

De la même façon à l'étranger, la lutte s'organise majoritairement autour de l'utilisation de pesticides, en général non autorisés en France, comme la substance active Phosalone et Diazinon (organophosphorés) en Grèce. De façon générale, la collecte des amandes infestées en fin de cycle est conseillée dans la plupart des pays et est un moyen efficace pour lutter de façon prophylactique contre *E. Amygdali*.

En agriculture biologique, la stratégie est tournée vers l'utilisation du Spinosad, la pulvérisation de kaolin calciné, l'élimination des amandes infestées résiduelles sur les arbres et la mise en place de filets alt'guêpes sur les amandiers. Des méthodes alternatives sont testées sporadiquement sans preuves d'efficacité concluante car trop récentes, comme l'utilisation d'huiles essentielles.

Les recherches effectuées sur les molécules candidates pour l'olfactométrie ont mis en évidence différents éléments. Tout d'abord, une molécule similaire est probablement émise par les fleurs d'amandiers et fruits, ce qui expliquerait l'agrégation et l'oviposition des guêpes à la fois sur les extraits de fleurs et de fruits.

Des analyses sur d'autres ravageurs de l'amandier ont permis de relever d'autres molécules susceptibles d'être impliquées dans le choix des amandes par les guêpes.

Le vers de l'orange Navel (NOW) est fortement attiré par l'1-octen-3-ol détecté chez des amandes endommagées. [3]

Des relevés en vergers ont mis en évidence la présence de benzaldéhyde en grande proportion, composant de l'huile d'amande amère, nonanal, hexanal, octanal dans l'air ambiant.

Les composés volatiles majoritaires de jeunes fruits d'amandiers, fleurs et feuilles sont de type dérivés d'acides gras avec plusieurs monoterpènes, sesquiterpènes et phénylpropanoïdes. Les monoterpènes limonène, linalol, et B-cyclocitral étaient les plus abondants dans les jeunes fruits.

D'autres arbres de la famille des *Prunus* présentent des molécules telles que le benzaldéhyde, le salicylate de méthyl et le linalol.

II. Synthèse des enquêtes des agriculteurs

Dans le but de mieux connaître les besoins des agriculteurs dans la lutte contre *E. amygdali*, il semblait essentiel d'aller à leur rencontre pour comprendre les méthodes de lutte qu'ils mettent en place contre le ravageur dans leurs vergers. Ces enquêtes avaient pour objectif d'établir une typologie des différents agriculteurs en fonction de leurs décisions concernant leurs méthodes de lutte. Le but est de comprendre et d'analyser les décisions prises par les agriculteurs concernant la gestion de leurs vergers, et ce, en lien avec la lutte contre le ravageur (voir annexe 2).

1. Méthodologie mise en place

Plusieurs agriculteurs ont été interviewés directement sur leurs exploitations. Cinq départements différents situés autour du bassin méditerranéen ont été ciblés : la Drôme, l'Aude, le Vaucluse, le Gard et les Bouches-du-Rhône.

Un questionnaire a été rédigé au préalable pour déterminer les questions à poser aux agriculteurs. Plusieurs thématiques ont été abordées comme la présentation générale de l'exploitation puis une partie plus axée sur *Eurytoma amygdali* et les méthodes de lutte utilisées contre la guêpe. Ce questionnaire a servi de fil directeur lors des enquêtes semi-directives.

Les contacts des agriculteurs ont été transmis par les commanditaires, pour la majorité. Certaines des interviews ont été réalisées avec les commanditaires, ce sont donc eux qui ont contacté les agriculteurs pour convenir d'un rendez-vous. Dans le cas où nous avons réalisé les interviews seuls nous avons-nous-même contacté les agriculteurs et fixé un rendez-vous.

Les enquêtes effectuées avec nos commanditaires ont été majoritairement dirigées par ces derniers. Cependant, nous participions aux échanges pour poser les questions nous intéressant qui n'avaient pas été abordées.

Pour ce qui est des enquêtes réalisées en autonomie, nous avons dirigé les interviews seuls en se basant sur le questionnaire.

La majorité des enquêtes ont pu être enregistrées et ce avec l'accord des interviewés pour faciliter le travail de retranscription. Ainsi, grâce à l'écoute des enregistrements, il nous a été possible de retranscrire les interviews à l'écrit en anonymisant les agriculteurs enquêtés. Ces retranscriptions détaillées ainsi que les enquêtes réalisées par le stagiaire Hugo ont permis de réaliser une synthèse écrite sur les méthodes de lutte utilisées par les agriculteurs contre *Eurytoma amygdali*. Une importance particulière a été donnée à l'analyse des commentaires faits par les agriculteurs. Il ne s'agissait pas seulement de décrire et quantifier les méthodes utilisées, mais également de qualifier les méthodes de lutte utilisées et d'essayer de comprendre pourquoi elles étaient utilisées de la sorte.

Enfin, une typologie des agriculteurs a été établie en fonction des méthodes de lutte qu'ils utilisent contre la guêpe.

2. Résultats

Les interviews réalisées ont permis de mettre en évidence les différences et les points communs entre les agriculteurs concernant la gestion de leurs vergers, et ce, en lien avec la lutte contre le ravageur *Eurytoma amygdali*. Deux catégories principales d'agriculteurs se sont dégagées avec d'une part les agriculteurs en conventionnel traitant tous au Karaté Zéon ® et d'autre part les agriculteurs en agriculture biologique expérimentant différentes méthodes de lutte. Pour ce qui est des agriculteurs conventionnels, il est ressorti que ces derniers connaissent le cycle de l'insecte, savent comment déterminer la période préférentielle pour traiter et sont au courant des recommandations d'utilisation du Karaté Zéon ® (dose, fréquence de traitement...). Cependant, ils se distinguent sur plusieurs points comme l'autonomie dans la prise de décisions de déclencher les traitements au Karaté Zéon ®, le nombre d'application au Karaté Zéon ® ou encore leur vision sur la prophylaxie et leur intérêt à trouver de nouvelles méthodes de lutte. Concernant les agriculteurs en bio, ils sont tous enclins à trouver de nouvelles méthodes de lutte, car contrairement au conventionnel, il n'y a pas de "solution miracle".

III. Article sur *Eurytoma amygdali*

Les informations liées à la guêpe de l'amandier sont parfois difficilement accessibles pour les agriculteurs notamment par manque de temps. En effet, parcourir les articles scientifiques est une tâche demandant du temps et la plupart des agriculteurs n'ont pas le temps de s'y intéresser. Afin de faciliter leur accès aux informations, nous avons donc rédigé un article simplifiant et synthétisant le savoir actuel sur *Eurytoma amygdali*. (voir annexe 3)

1. Méthodologie

Les informations recueillies dans cet article proviennent toutes de la bibliographie et de la synthèse des enquêtes effectuées. Nous avons donc sélectionné les informations qui nous semblaient essentielles et les avons synthétisées afin de les rendre facilement compréhensibles par tous.

2. Composition de l'article

L'article est centré sur les aires de répartition (en France et à l'étranger), les méthodes de lutte actuelles et sur le cycle de vie d'*Eurytoma amygdali*.

IV. Analyses personnelles et recommandations

1. Connaissances et données sur *Eurytoma amygdali*

Après avoir étudié en détail le cycle d'*E. amygdali*, nous pouvons constater que son cycle est plutôt bien connu. Cependant, il reste des zones d'ombres sur la classification de la diapause en catégories, pour déterminer précisément quand se fait le passage de la phase 1 à 2 et quels facteurs influencent cette transition. Le facteur prépondérant semble être la température. En effet, les étapes du cycle, dont la diapause, sont fortement corrélées aux conditions climatiques. Des périodes de froid ou des températures trop douces inhabituelles peuvent avancer ou retarder certaines phases de la diapause et par conséquent l'émergence des adultes hors des amandes.

Les dates d'émergence sont variables à la fois à l'échelle spatiale mais aussi temporelle. Pour mieux gérer ces aléas, il serait intéressant d'établir une base de données précise accessible à tous à partir des informations des agriculteurs, même si les systèmes de détection avec les bouteilles ou chaussettes sont efficaces. Connaître l'émergence des guêpes au cours des années selon les conditions climatiques pourrait éventuellement permettre de modéliser l'évolution des émergences et les températures optimales selon les régions.

Il existe également une interrogation sur l'origine du choix des amandes par les guêpes pour la ponte. Nous savons que les guêpes déposent une phéromone après l'oviposition qui signale aux autres adultes que l'amande est déjà infestée. Cependant, la raison du choix initial de l'amande non infestée pour l'oviposition n'est pas élucidée, et c'est tout l'intérêt des études menées sur les kairomones attractantes.

Le choix de l'amande hôte est influencé par des kairomones émises par le fruit, mais aussi par la dureté de la coque de l'amande et l'épaisseur de la gove. Ces caractéristiques doivent être étudiées plus en détail pour évaluer leur intérêt. [4]

2. Futur de la production d'amandes

Notre travail auprès des agriculteurs nous aura permis de constater plusieurs choses. Dans un premier temps, nous avons pu voir qu'un grand nombre d'agriculteurs rencontrés était globalement bien renseigné à propos du cycle de vie de la guêpe. De plus, ils sont intéressés par le sujet et curieux d'en savoir plus sur de nouvelles méthodes de lutte face à *Eurytoma amygdali*. Ils nous ont semblés enclins à participer à l'avancement des recherches sur le ravageur, notamment en participant à de l'expérimentation. Il est donc important de notre point de vue de les solliciter et de les impliquer dans la recherche de solutions.

Concernant le futur de la production d'amandes en France, ce dernier nous semble prometteur. Plusieurs agriculteurs sont prêts à investir davantage dans la production d'amandes, même si cela revient à abandonner d'autres cultures. Pour eux, le marché de l'amande est aujourd'hui porteur en France.

Pour ce qui est de la production d'amandes en agriculture biologique et notamment sur le sujet de la conversion en agriculture biologique les agriculteurs sont réticents. La principale cause est la rentabilité à produire des amandes en bio. Pour les agriculteurs rencontrés, produire des amandes en bio coûte plus cher et demande une charge de travail supérieure. Ils disent qu'il faut plus de temps pour effectuer les opérations culturales comme la fertilisation, l'entretien de l'enherbement ou la lutte contre *E. amygdali*. Or, selon certains agriculteurs, le bio a un rendement inférieur de 30 % par rapport au conventionnel. Il faudrait donc, pour que le bio soit rentable par rapport au conventionnel, que la production soit vendue beaucoup plus chère. Cependant, selon les agriculteurs, la différence de prix actuelle n'est pas encore suffisante pour contrebalancer les pertes en temps, en argent et en rendement. Ainsi, pour que davantage d'agriculteurs se convertissent au bio il faudrait que le prix du bio augmente ou bien qu'il existe un traitement efficace contre *Eurytoma* qui ne soit pas trop onéreux.

Autre point qui nous semble important de souligner est le fait que beaucoup d'amandiculteurs ont d'autres productions sur leurs exploitations. Cette diversification peut être intéressante dans le cas où une année, il y aurait des pertes plus importantes dû à une pression plus forte d'*Eurytoma* qui n'aurait pas été maîtrisée.

3. Les méthodes de lutte actuelles et futures

À propos du traitement au Karaté Zéon et de l'accompagnement des agriculteurs dans son utilisation, certains points peuvent être améliorés. Tout d'abord, la plupart des agriculteurs réalisent deux traitements au Karaté Zéon ® voir trois. La majorité le font par précaution et sans réel motif. Cependant, les tests réalisés par les chercheurs montrent que seul un traitement devrait suffire, sauf conditions défavorables. De plus, aucune étude ne démontre que deux applications de Karaté Zéon ® seraient plus efficaces qu'une seule. Nous pensons donc qu'il serait pertinent d'informer davantage les agriculteurs sur la possibilité de ne faire qu'un traitement, à la fois pour des raisons environnementales et pour des raisons d'économies de temps et d'argent.

Pour ce qui est de la détection de l'émergence et le déclenchement du premier traitement, tous les agriculteurs ne sont pas satisfaits de l'utilisation de la méthode de la bouteille. Certains trouvent que ce n'est pas précis. Le problème vient peut-être d'une mauvaise utilisation du piège. Il serait sans doute pertinent d'accompagner les agriculteurs qui ne le sont pas sur l'utilisation de cet outil. De plus, comme exprimé précédemment, il serait avantageux pour les agriculteurs de créer une base de données des dates d'émergences d'*Eurytoma amygdali* dans les différentes zones de production. Cette base de données pourrait être mise à jour chaque année en temps réel par les agriculteurs et les techniciens. Elle permettrait d'avoir une connaissance plus précise sur les dates d'émergences de la guêpe et l'origine de leurs variations.

Enfin, le laps de temps entre l'émergence et le premier traitement au Karaté Zéon ® est variable selon les exploitations. Nous pensons qu'il serait utile de comprendre pourquoi et d'optimiser ce laps de temps pour avoir la meilleure utilisation possible du Karaté Zéon®.

Nous pensons également que dans le but d'améliorer la récolte et la transmission des informations entre les agriculteurs, notamment ceux en agriculture biologique, une plateforme en ligne pourrait être mise en place. L'objectif serait de partager les méthodes testées et leur efficacité. Cela permettrait de tester les différentes méthodes de manière efficiente.

Cette base de données pourrait également servir d'aide pour la thèse qui suivra notre travail. En effet, nous pensons que la thèse à venir est très pertinente : il est nécessaire pour les agriculteurs en agriculture biologique de pouvoir produire sans être freinés par la guêpe des amandiers. Cette thèse permettra également d'en apprendre plus sur les kairomones efficaces face à *Eurytoma* et qui permettront le piégeage de masse de la guêpe. L'éventualité du développement d'un répulsif est considérée par les agriculteurs, et nous pensons à juste titre, comme une solution non-viable. Ainsi, repousser les guêpes n'aura pour seul effet que de les faire se multiplier ailleurs sans écarter le danger durablement.

Conclusion

Ce travail de recensement de l'impact et des méthodes de lutte contre le ravageur de l'amandier *Eurytoma amygdali* s'est réalisé en plusieurs étapes. Au travers de l'état de l'art et d'enquêtes chez des exploitants en filière conventionnelle et biologique, nous avons pu faire le lien entre les données théoriques connues sur la guêpe et les pratiques réelles ce qui nous a permis d'émettre plusieurs conclusions à propos d'*Eurytoma amygdali* et de son impact sur les exploitations à la fois en agriculture biologique et conventionnelle. Le travail de bibliographie nous a permis d'étudier avec précision le cycle de l'insecte et notamment la phase de diapause jusque-là assez floue. Elle nous a également permis d'en apprendre davantage sur la composition des produits naturels ou non utilisés dans la lutte face à la guêpe, avec notamment le Karaté Zéon® et le Spinosad. De plus, les chercheurs étrangers que nous avons contactés ont accepté avec bienveillance de nous aider et nous avons pu compléter notre bibliographie.

Le cycle d'*Eurytoma amygdali* est bien connu dans son déroulement, mais présente des zones d'incertitudes quant aux conditions exactes de transition d'une étape à une autre du cycle. Les méthodes de lutte relevées en France et à l'étranger sont du même ordre, avec un réel besoin de solutions dans le domaine de l'agriculture biologique.

Notre synthèse tente de regrouper l'ensemble des informations sur *Eurytoma amygdali* et sur les pratiques des agriculteurs dans différents systèmes pour limiter son impact, informations obtenues lors de nos entretiens. Nos enquêtes auprès des agriculteurs nous auront appris que ceux-ci ont un intérêt réel pour les recherches en cours à propos de nouvelles méthodes de lutte face à *Eurytoma amygdali* qui pourraient remplacer les méthodes existantes. En effet, bien que les méthodes actuelles soient efficaces, la culture d'amandiers en agriculture biologique est menacée par la guêpe et la dérogation permettant l'utilisation du Spinosad n'est pas garantie pour les années suivantes. Il est donc crucial de déterminer à la fois quelles kairomones sont perçues par la guêpe, mais aussi d'explorer de nouvelles méthodes comme l'utilisation d'huiles essentielles ou de filets.

Références bibliographiques

- [1] “Kairomone.” Merriam-Webster.com Dictionary, Merriam-Webster, <https://www.merriam-webster.com/dictionary/kairomone>. Consulté 8 Dec. 2020.
- [2] “LEVEAB : LEVER LES VERROUS À LA CULTURE DE L’AMANDIER EN AGRICULTURE BIOLOGIQUE”. Chambre d’agriculture d’Occitanie, <https://occitanie.chambre-agriculture.fr/productions-techniques/cultures/arboriculture/leveab-amandier-bio-experimentations/>. Consulté 8 Dec. 2020.
- [3] J. J. Beck, B. S. Higbee, D. M. Light, W. S. Gee, G. B. Merrill, et J. M. Hayashi, « Hull Split and Damaged Almond Volatiles Attract Male and Female Navel Orangeworm Moths », *J. Agric. Food Chem.*, vol. 60, n° 33, p. 8090-8096, août 2012, doi: 10.1021/jf302658v. Consulté 8 Dec. 2020.
- [4] N. A. Kouloussis et B. I. Katsoyannos, « Egg distribution patterns in the almond seed wasp, *Eurytoma amygdali* », *Entomologia Experimentalis et Applicata*, vol. 66, n° 1, p. 31-38, 1993, doi: <https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.1993.tb00689.x>. Consulté 8 Dec. 2020.

Annexes